

PCT/JP03/11546

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

10.09.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 1 2 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 6 7 2 7 9
Application Number:

[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 6 7 2 7 9]

出 願 人 住友大阪セメント株式会社
Applicant(s):

REC'D 30 OCT 2003

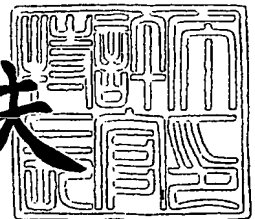
WIPO PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 0 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 5 4 6 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 PH140056

【提出日】 平成14年 9月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区 6 番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

【氏名】 神力 孝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区 6 番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

【氏名】 坂本 敏弘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区 6 番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

【氏名】 栗原 雅尚

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区 6 番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

【氏名】 菅又 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000183266

【氏名又は名称】 住友大阪セメント株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098383

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 純子

【選任した代理人】

【識別番号】 100116687

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 爾

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075008

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光変調器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板上に設けられた光導波路と、該光導波路内を導波する光の位相を制御する制御電極とを有し、前記基板の制御電極を形成する面に凹部を設けた光変調器において、

該凹部上に形成する前記制御電極に、応力緩和手段を設けることを特徴とする光変調器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部上の制御電極の厚みを、凹部上以外の制御電極の厚みより薄く構成することを特徴とする光変調器。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部上の制御電極の厚みを、該凹部の窪みの深さよりも薄く構成することを特徴とする光変調器。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載の光変調器において、該凹部上の制御電極の厚みは、 $30000 \sim 500 \text{ \AA}$ であることを特徴とする光変調器。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部を設けた基板面と該凹部上の制御電極との間に空間を形成することを特徴とする光変調器。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部上の制御電極が、該凹部に隣接する非凹部上に形成した制御電極を接続するための細線であることを特徴とする光変調器。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光変調器において、該基板は、基板表面に

垂直な方向に、電気光学効果により最も効率的に屈折率を変更できる結晶軸の方向を有する基板であることを特徴とする光変調器。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の光変調器において、該制御電極は変調電極と接地電極とからなり、前記応力緩和手段は接地電極に形成することを特徴とする光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光波の変調、光路の切り替え等の光制御素子に用いられる光変調器に関し、特に、光変調器を構成する基板上に凹部を有し、該凹部上に光の位相を制御する制御電極が形成された光変調器に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の高速、大容量の情報通信に係る需要の高まり対応して光通信が注目されており、中でも、電気光学効果を有する基板材料を用い、該基板内に光導波路を形成した光変調器は、広帯域周波数における光通信に適した光制御素子として広く知られている。

また、光変調器としては、特に、高密度波長多重 (DWDM) 化や高速通信化に適応するものとして、ニオブ酸リチウム (LN) などの電気光学効果を有する材料を用いたマッハツェンダー (MZ) 型の外部光変調器 (以下、LN 光変調器という) を用いて、CW (Continuous Wave) レーザからの光を変調する光変調器が実用化されている。

【0003】

MZ 型の外部光変調器の構成としては、図 1 に示すように、入力用の光導波路 2 から入力した光を、Y 字型の分岐光導波路 3 により 2 等分し、2 つの光導波路 4 (制御電極である変調電極と接地電極が形成する電界の作用により、内部を伝播している光が位相制御を受ける光導波路。以下、光導波路作用部という) を導波された光を他の Y 字型分岐光導波路 5 により合波し、出力用の光導波路 6 を介

して、変調光を外部に出射するように構成されている。そして、これらの各光導波路は、電気光学効果を有する基板1の表面に、Tiなどの高屈折率材料を熱拡散することにより形成されている。図1においては、光導波路の形状をわかり易く示すため、基板1上に形成されている変調電極、接地電極などの制御電極の図示は、省略されている。

【0004】

近年では、このような光導波路を有する光変調器に関し、例えば、特開平10-90638号にリッジ構造を有する光導波路が開示されている。これは図2に示すように、制御電極（変調電極21、接地電極20, 22）による光導波路4への電界作用を効率的に行うため、光導波路4の両側に凹部（溝、リッジ）10, 11, 12を形成し、制御電極が形成する電界が、光導波路に集中的に作用するように構成することが提案されている。

なお、図2は、図1に示すMZ型の光変調器を、一点鎖線Aにおいて、光導波路作用部4に垂直な方向に該光変調器を切断した場合の断面図を示している。図2に示す7は、SiO₂などで形成されたバッファ層を示す。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図2に示す光変調器においては、凹部12を跨いで接地電極22が形成されている。このため、長時間に渡る光変調器の駆動や光変調器へ入力する駆動パワーの増大などにより、接地電極などの制御電極部を中心に温度が上昇し、凹部12を形成する基板と凹部12上に形成された接地電極との熱膨張率の差により、凹部の側面を中心に接地電極による応力が集中し、該応力により基板内に応力歪が発生することとなる。このような応力歪は、光導波路を含む基板の屈折率を変化させることから、光変調器内の光導波路を通過する光の位相を安定的に制御する際に、大きな障害となる。

なお、このような応力集中による応力歪の発生は、上述したMZ型光変調器に限らず、光変調器を形成する基板表面に凹部を形成し、該凹部を跨いで接地電極などの電極が形成されている場合に、共通して起きるものである。特に、凹部の近傍に光導波路が形成されている場合には、光変調制御に及ぼす応力歪の影響が

顕著となる。

【0006】

本発明の目的は、上述した問題を解決し、光変調器内の基板表面に形成された凹部に発生する応力を緩和し、光導波路を含む基板内の応力歪に起因する光変調制御の劣化を抑制し、長時間に渡る安定的駆動を実現した光変調器を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、請求項1に係る発明では、電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板上に設けられた光導波路と、該光導波路内を導波する光の位相を制御する制御電極とを有し、前記基板の制御電極を形成する面に凹部を設けた光変調器において、該凹部上に形成する前記制御電極に、応力緩和手段を設けることを特徴とする。

【0008】

請求項1に係る発明により、制御電極と基板との熱膨張率の差により、制御電極と基板との間に応力が発生する場合でも、凹部上に形成する制御電極には応力を緩和する手段を設けているため、特に、凹部の側面に集中する応力を抑制し、応力歪による光変調制御の不安定化を防止することが可能となる。

【0009】

また、請求項2に係る発明では、請求項1に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部上の制御電極の厚みを、凹部上以外の制御電極の厚みより薄く構成することを特徴とする。

さらに、好ましくは、請求項3に係る発明では、該応力緩和手段は、該凹部の窪みの深さよりも薄く構成することを特徴とする。

【0010】

請求項2に係る発明により、凹部上の制御電極の厚みを、凹部上以外の制御電極の厚みより薄く構成するため、凹部上の制御電極自体が発生する熱膨張の応力を、該凹部上以外の制御電極のものより低く抑えることが可能となる。しかも、凹部上の制御電極の機械的強度が、該凹部上以外の制御電極より弱くなることに

より、制御電極全体で発生する応力歪を、凹部上の制御電極の機械的変形で吸収でき、基板表面に制御電極からの応力の伝達が緩和され、特に、凹部の側面に応力が集中的することを防止することが可能となる。

また、好ましくは、請求項3に係る発明により、凹部上の制御電極の厚みを、該凹部の窪みの深さよりも薄く構成することにより、凹部上の制御電極が、凹部の側面に与える応力を、局所的かつ小さくすることができる。しかも、該凹部上の制御電極は、凹部の側面を形成する基板より、機械的強度がより低くなるため、凹部の側面に与える応力を一層抑制することが可能となる。

【0011】

また、請求項4に係る発明では、請求項2又は3に記載の光変調器において、該凹部上の制御電極の厚みは、30000～500 Åであることを特徴とする。

【0012】

請求項4に係る発明により、凹部上の制御電極の厚みを30000 Å以下、好ましくは、20000 Å以下に抑えることにより、一般的な光変調器に利用される制御電極の厚み約20 μmやリッジ部の溝の深さは約4～10 μmと比較しても、十分に厚みが薄いため、該凹部上の制御電極による凹部の側面に与える応力を十分に抑制することが可能となる。

また、凹部上の制御電極の厚みを100 Å以上、好ましくは、500 Å以上とすることにより、光変調器の製造プロセスで利用される成膜技術において、安定的に製造可能な導通線の膜厚以上の厚みを確保することが可能となる。

【0013】

また、請求項5に係る発明では、請求項1に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部を設けた基板面と該凹部上の制御電極との間に空間を形成することを特徴とする。

【0014】

請求項5に係る発明により、凹部を設けた基板面と該凹部上の制御電極との間に空間を形成され、基板面と制御電極とが接触していないため、該凹部の基板面、特に、凹部の側面に制御電極の応力が加わることが抑制される。

またさらに、該凹部を設けた基板面上の制御電極の厚さは、凹部上以外の該基

板面上の制御電極よりも薄く構成することが好適であり、その厚さが $1 \sim 10 \mu\text{m}$ であるとなお良い。

【0015】

また、請求項6に係る発明では、請求項1に記載の光変調器において、該応力緩和手段は、該凹部上の制御電極が、該凹部に隣接する非凹部上に形成した制御電極を接続するための細線であることを特徴とする。

【0016】

請求項6に係る発明により、凹部に隣接する非凹部上に形成した制御電極を、細線で接続するため、凹部上の制御電極となる細線自体は、光変調に影響を与えるような応力をほとんど生じず、しかも、非凹部上に形成した制御電極に発生する応力も、凹部上で応力の伝搬が遮断されるため、凹部の側面に制御電極の応力が加わることが抑制される。

【0017】

また、請求項7に係る発明では、請求項1乃至6のいずれかに記載の光変調器において、該基板は、基板表面に垂直な方向に、電気光学効果により最も効率的に屈折率を変更できる結晶軸の方向を有する基板であることを特徴とする。

【0018】

光変調器の基板として、基板表面に垂直な方向に、電気光学効果により最も効率的に屈折率を変更できる結晶軸の方向を有する基板（以下、Zカット基板という）を用いる場合には、基板表面に垂直な方向に電界を印加する必要があることから、光導波路への電界作用を効果的に行うため、光導波路を挟むように両側にリッジが形成される場合がある。請求項7に係る発明により、請求項1乃至6のいずれかに記載するような、凹部上に形成する制御電極に応力緩和手段を設ける技術を、このようなZカット基板を有する光変調器に適用することで、より優れた特性を有する光変調器を提供することが可能となる。

【0019】

また、請求項8に係る発明では、請求項1乃至7のいずれかに記載の光変調器において、該制御電極は、接地電極であることを特徴とする。

【0020】

請求項1乃至7のいずれかに記載するような、凹部上に形成する制御電極に応力緩和手段を設ける構成は、応力緩和手段の前後で、制御電極の抵抗値や形状が不連続的に変化するため、高周波のマイクロ波を伝播させた場合に反射や制御電極外への放射が起き易いため、該制御電極を変調電極とする場合には、光変調器の特性が劣化する可能性もある。このため、請求項8に係る発明のように、応力緩和手段を設ける制御電極を、接地電極とすることにより、より優れた特性を有する光変調器を提供することが可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を好適例を用いて詳細に説明する。

光変調器を構成する基板としては、電気光学効果を有する材料、例えば、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3 ; 以下、LNという)、タンタル酸リチウム (LiTaO_3)、PLZT (ジルコン酸チタン酸鉛ランタン)、及び石英系の材料から構成され、特に、光導波路デバイスとして構成しやすく、かつ異方性が大きいという理由から、 LiNbO_3 結晶、 LiTaO_3 結晶、又は LiNbO_3 及び LiTaO_3 からなる固溶体結晶を用いることが好ましい。本実施例では、ニオブ酸リチウム (LN) を用いた例を中心に説明する。

また、光変調器の基板の結晶軸の方向としては、基板表面に垂直な方向に、電気光学効果により最も効率的に屈折率を変更できる結晶軸の方向を有する基板、所謂、Zカット基板を用いる例を説明するが、本発明は、Zカット基板に限定されるものではない。

【0022】

光変調器を製造する方法としては、LN基板上にTiを熱拡散させて光導波路を形成し、次いで基板の一部又は全体に渡りバッファ層を設けずに、LN基板上に電極を直接形成する方法や、光導波路中の光の伝搬損失を低減させるために、LN基板上に誘電体 SiO_2 等のバッファ層を設け、さらにその上にTi・Auの電極パターンの形成及び金メッキ方法などにより数十 μm の高さの変調電極及び接地電極を構成して、間接的に当該電極を形成する方法がある。

一般に、一枚のLNウェハに複数の光変調器を作り込み、最後に個々の光変調

器のチップに切り離すことにより、光変調器が製造される。

【0023】

本発明の実施例として、図1に示すMZ型の光変調器を例に説明する。

1は、LN基板であり、上述のようにTi内部拡散等により、その基板表面に光導波路を形成している。2は入力光導波路であり、不図示のCWレーザ光源からの光が導光され、かつ偏光保持機能を有するファイバ（不図示）と接続されている。

入力光導波路2を伝播した光は第1の分岐光導波路である3dB分岐光導波路3にて等分割され、それぞれマッハツェンダー（MZ）型光導波路のアームを構成する光導波路作用部4に入る。

該光導波路作用部4の近傍には、不図示の変調電極及び接地電極からなる制御電極が配置され、変調電極に印加した信号に応じて光導波路作用部4を伝播する光は位相変調を受ける。位相変調後、各導波光は、第2の分岐光導波路5において合波され、相互に干渉して強度変調された信号光を生成する。

信号光は、出力光導波路6を伝播し不図示の出力ファイバから光変調器モジュールの外部に取り出される。

なお、光導波路作用部4の近傍には、該光導波路作用部4を挟むように溝（リッジ。図示せず）が形成され、光導波路作用部4の上に配置される変調電極及び接地電極が生成する電界が、該光導波路作用部4に集中的に作用するよう構成されている。溝の形成方法としては、SiO₂等のバッファ層を形成する前に、基板をエッチング又はサンドブラスト等で侵食・切削することにより形成する。

【0024】

次に、本発明の特徴である凹部上の制御電極に設けられる応力緩和手段について説明する。

図3から5は、図1の一点鎖線Aにおいて、本発明に係る光変調器を切断した場合の断面形状を示す図であり、図4、5については、基板表面近傍の形状のみ図示している。

図3に示す本発明の第1の実施例の特徴は、一つの接地電極を構成する23、24、25の各電極部分の厚みに関し、凹部12上の接地電極部分24の厚みを

、凹部上以外の接地電極部分 23, 25 の厚みより薄く構成している。好ましくは、該凹部 12 の窪みの深さよりも薄く構成することにより、応力緩和効果を格段に高めることが可能となる。凹部 12 上の接地電極部分 24 の具体的な厚みとしては、30000 Å 以下、好ましくは、20000 Å 以下に抑えることにより、凹部上以外の接地電極部分 23, 25 の厚み（一般的な光変調器に利用される制御電極の厚み約数 20 μm）やリッジ部の溝の深さは約 10 μm と比較しても、十分に厚みが薄いため、該凹部上の接地電極部分 24 をはじめ接地電極部分 23, 25 に生じる応力が、凹部 12 の側面に集中することを十分に抑制することが可能となる。

また、凹部上の接地電極部分 24 の厚みを 100 Å 以上、好ましくは、500 Å 以上とすることにより、光変調器の製造プロセスで利用される成膜技術においても、接地電極部分が断線するなどの不具合を生じることが無く、安定的な光変調器の製造が可能となる。

【0025】

図 3 に示す接地電極部分 23, 24, 25 の製造方法としては、Ti・Au の電極パターンの形成後、接地電極部分 24 をフォトリジスト膜でマスクし、金メッキ方法などにより数十 μm の高さの接地電極部分 23, 25 を形成する方法や、電極パターンを形成後の金メッキ処理の途中で、接地電極部分 24 をメッキ処理されないように処置し、その後、必要な高さまで接地電極部分 23, 25 を形成する方法、更には、金メッキ処理後、接地電極部分 23, 25 をフォトリジスト膜などで保護し、接地電極部分 24 を必要な深さまでエッチングする方法などがある。

【0026】

図 4 に示す本発明の第 2 の実施例の特徴は、凹部 12 と接地電極部分 26 との間に空間 30 を設けている。これにより接地電極が凹部 12 に直接的に接していないため、接地電極部分 23, 25, 26 に生じる応力が、凹部 12 の側面に影響を及ぼすことが無い。

図 4 に示す上記接地電極部分の製造方法としては、電極パターンの形成前に、凹部 12 上にリフトオフ層を形成し、その後、電極パターン形成及び金メッキ処

理等を行い、該リフトオフ層を除去することにより形成される。

【0027】

図5に示す本発明の第3の実施例の特徴は、接地電極部分23と25との間をリボンやワイヤーなどの細線形状の導線27で接続する。これにより、凹部12直接接する接地電極が無いため、凹部12の側面は、接地電極に生じる応力の影響を受けることが無い。しかも、細線は柔軟性を備えているため、接地電極部分23、25に生じた応力を、相互に伝搬させることが無い上、繰り返し応力が発生しても、金属疲労などにより細線27が断線することも無いなど、優れた効果も有している。

図5に示す接地電極部分23、25、27の製造方法としては、電極パターン形成及び金メッキ処理により、接地電極部分23、25を形成し、その後、ワイヤーボインディングなどで細線27を設置電極部分23、25の各々に接続する。

【0028】

以上、本発明の実施例について説明したが、本発明は上述の実施例の範囲に限定されるものではなく、光変調器の制御電極に生じる応力が、基板に影響を与えることを防止するため、特に、基板の凹部の側面に集中する応力を除去するために、上述した技術的構成に替えて、当該技術分野において周知の応力緩和手段を用いる場合も、本発明の範囲内に属するものである。

また、上述の実施例では、Zカット基板を用いたMZ型のLN光変調器を例に説明したが、電気光学効果を有する他の基板材料を用いた光変調器、他の形状の光導波路を有する光変調器に対しても、本発明が適用可能であることは言うまでもない。

さらに、本発明の応用として、上述した本発明の構成に加え、例えば、光導波路への電界の集中や基板外へのマイクロ波の漏洩防止を図るため、基板の裏面の一部を除去するなど、光変調器の各種の特性を改善するため、必要に応じて公知の技術を付加することもできることも、言うまでもない。

【0029】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明の光変調器によれば、光変調器内の温度変化に

起因して、基板と制御電極との間に発生する応力、特に、基板表面に形成された凹部に集中して作用する応力を緩和し、光導波路を含む基板内における応力歪による光変調制御の劣化を防止することが可能となる。

そして、長期間に渡り安定した駆動を実現する光変調器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 マッハツェンダー型の光変調器を説明する図

【図 2】 従来の光変調器の断面図

【図 3】 本発明の第 1 の実施例を示す光変調器の断面図

【図 4】 本発明の第 2 の実施例を示す光変調器の断面図

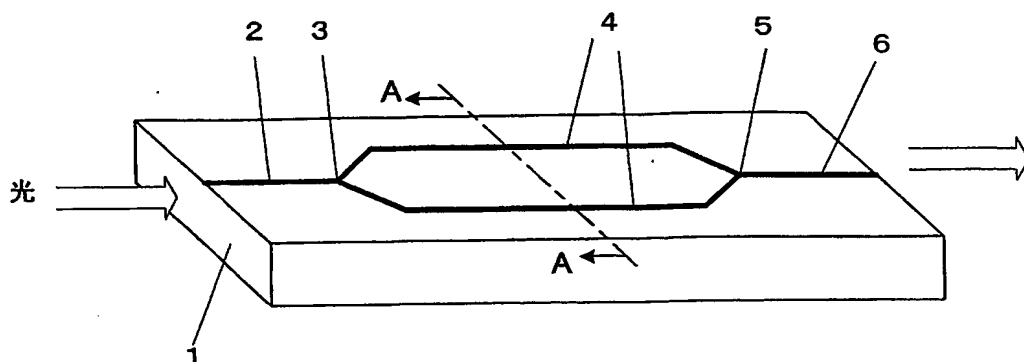
【図 5】 本発明の第 3 の実施例を示す光変調器の断面図

【符号の説明】

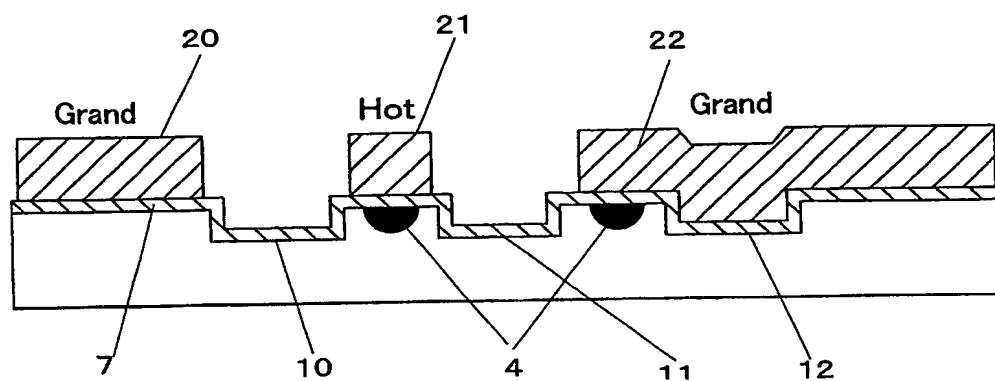
- 1 LN 基板
- 2 入力光導波路
- 3 第 1 の分岐光導波路
- 4 光導波路作用部
- 5 第 2 の分岐光導波路
- 6 出力光導波路
- 7 バッファ層
- 10～12 凹部
- 21 変調電極
- 22 接地電極
- 27 細線

【書類名】図面

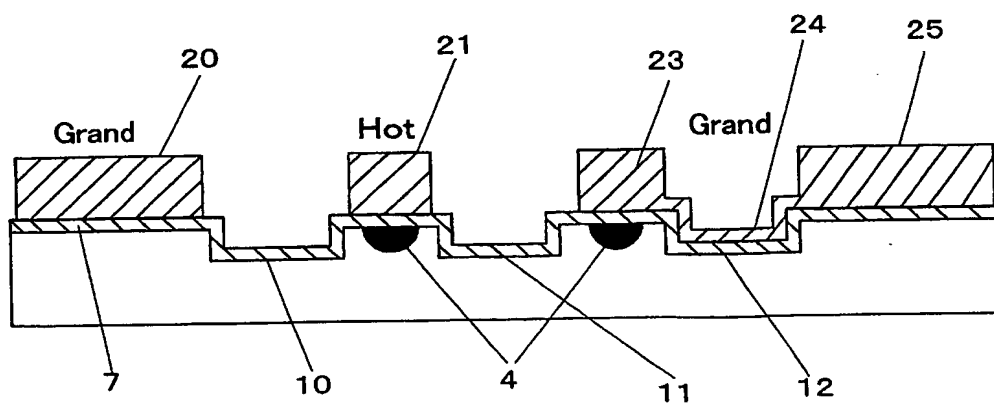
【図 1】



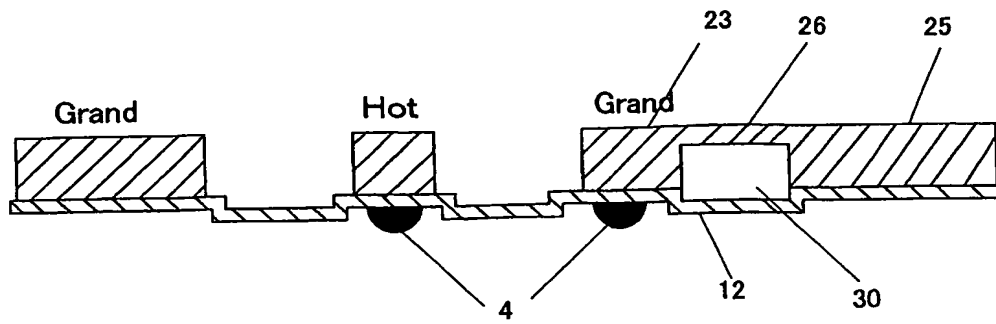
【図 2】



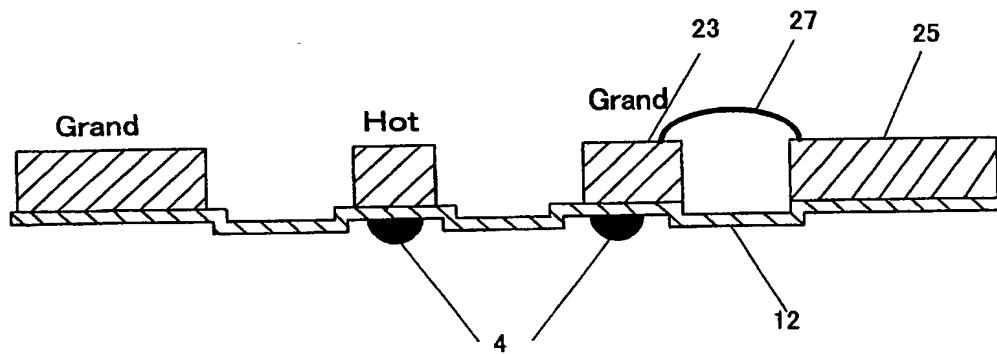
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書**【要約】****【課題】**

光変調器内の基板表面に形成された凹部に発生する応力を緩和し、光導波路を含む基板内の応力歪に起因する光変調制御の劣化を抑制し、長時間に渡る安定的駆動を実現した光変調器を提供すること。

【解決手段】

電気光学効果を有する材料からなる基板と、該基板上に設けられた光導波路 4 と、該光導波路内を導波する光の位相を制御する制御電極 20～25 とを有し、前記基板の制御電極を形成する面に凹部 12 を設けた光変調器において、該凹部上に形成する前記制御電極 24 に、応力緩和手段を設けることを特徴とする。

【選択図】 図 3

特願 2002-267279

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000183266]

- | | |
|----------|-----------------|
| 1. 変更年月日 | 2001年 7月24日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都千代田区六番町六番地28 |
| 氏 名 | 住友大阪セメント株式会社 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2001年 8月23日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都千代田区六番町6番地28 |
| 氏 名 | 住友大阪セメント株式会社 |